

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-293823

(43)Date of publication of application : 20.10.2000

BEST AVAILABLE COPY

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 11-101490

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 08.04.1999

(72)Inventor : HAYASHI KAZUHIKO
NAKADA MASABUMI

(54) MAGNETO-RESISTANCE EFFECT ELEMENT, ITS PRODUCTION, MAGNETO-RESISTANCE EFFECT HEAD, AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

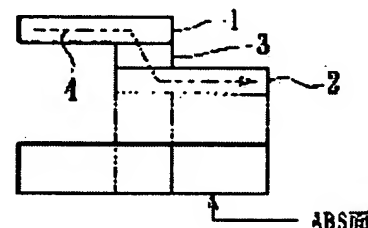
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce a magneto-resistance effect element, which obtains a higher reproducing output than conventional, in a satisfactory yield.

SOLUTION: A first magnetic layer 1 provided on a substrate, a nonmagnetic layer 3 brought into contact with the first magnetic layer 1, and a second magnetic layer 2 brought into contact with the nonmagnetic layer 3 are provided, and a sense current flowing between first and second magnetic layers is changed in accordance with the change of the resistance value which is changed in accordance with an external magnetic field. In this magnet-resistance effect element, both or at least one of the distance of the sense current flowing in the first magnetic layer 1 and that of the sense current flowing in the second magnetic layer 2 is made longer than that of the sense current flowing in the part where the first magnetic layer 1, the nonmagnetic layer 3, and the second magnetic layer 2 are laminated.

(a)

(b)



LEGAL STATUS



[Date of request for examination] 24.03.2000
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 03.06.2003
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-293823

(P2000-293823A)

(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 5/39

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

テームト* (参考)

5 D 0 3 4

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-101490

(22) 出願日 平成11年4月8日 (1999. 4. 8)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 中田 正文

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

Fターム (参考) 5D034 BA03 BA05 BA08 BA15 BB09
BB12

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子およびその製造方法、磁気抵抗効果ヘッド並びに磁気記録再生装置

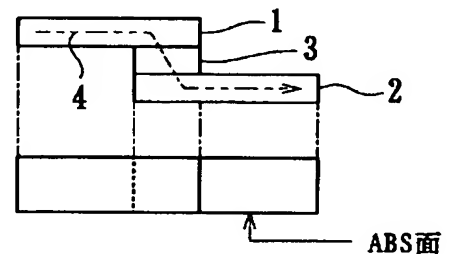
(57) 【要約】

【課題】 従来よりも高い再生出力を得、また歩留まりよく製造する。

【解決手段】 基板上に設けられた第1磁性層1と、この第1磁性層1と接して設けられた非磁性層3と、この非磁性層3と接して設けられた第2磁性層2とを備え、外部磁界に応じて変化した抵抗値の変化に伴って、第1および第2磁性層の間を流れるセンス電流が変化する磁気抵抗効果素子において、第1磁性層1を流れるセンス電流の距離および第2磁性層2を流れるセンス電流の距離の両方、または、少なくとも何れか一方は、第1磁性層1と非磁性層3と第2磁性層2とが積層された部分を流れるセンス電流の距離よりも長くしたものである。

(a) 断面図

(b) 平面図



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に設けられた第1磁性層と、この第1磁性層と接して設けられた非磁性層と、この非磁性層と接して設けられた第2磁性層とを備え、外部磁界に応じて変化した抵抗値の変化に伴って、前記第1および第2磁性層の間を流れるセンス電流が変化する磁気抵抗効果素子において、

前記第1磁性層を流れるセンス電流の距離および前記第2磁性層を流れるセンス電流の距離の両方、または、少なくとも何れか一方は、前記第1磁性層と前記非磁性層と前記第2磁性層とが積層された部分を流れるセンス電流の距離よりも長いことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 請求項1において、前記基板をその主表面と直交する方向から眺めた状態における、前記第1磁性層の領域と前記第2磁性層の領域とが重なり合う領域は、その面積が前記第1磁性層の領域の面積および前記第2磁性層の領域の面積の何れよりも小さいことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 基板上に設けられた請求項1または請求項2に記載の磁気抵抗効果素子と、前記第1磁性層に取り付けられた第1の電極と、前記第2磁性層に取り付けられた第2の電極と、前記第1磁性層に接して設けられかつ前記第1磁性層における磁化の方向を固定させる層とを備えたことを特徴とする磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項4】 データを記録するための複数のトラックを有する磁気記録媒体と、この磁気記録媒体上にデータを記憶させるための磁気記録ヘッドと、

請求項3に記載の磁気抵抗効果ヘッドと、前記磁気記録ヘッドおよび前記磁気抵抗効果ヘッドが取り付けられ、前記磁気記録ヘッドおよび前記磁気抵抗効果ヘッドを前記磁気記録媒体における所望のトラックへ移動させるアクチュエータ手段とを備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項5】 請求項4において、前記磁気記録再生装置は、ハードディスク・ドライブであることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗効果素子およびその製造方法、磁気抵抗効果ヘッド並びに磁気記録再生装置に関し、特に磁気記録媒体に記録された情報信号を読み取るための磁気抵抗効果素子およびその製造方法、磁気抵抗効果ヘッド並びに磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、ハードディスク・ドライブの要素技術として、磁気抵抗（以下、MR: Magneto Resistive

2

という）センサまたは磁気抵抗ヘッドと呼ばれる磁気読み取り変換器が開示されている。これらは、大きな線形密度で磁性表面からデータを読み取れることがわかっている。

【0003】MRセンサは、読み取り素子によって感知される磁束の強さと方向の関数としての抵抗変化に基づいて磁界信号を検出する。こうした従来技術のMRセンサは、読み取り素子の抵抗の成分が、磁化方向と素子中を流れる感知電流の方向の間の角度の余弦の2乗に比例して変化するという異方性磁気抵抗（AMR）効果に基づいて動作するものである。AMR効果についてのより詳しい説明は、D. A. トムプソン（Thompson）等の論文（“Memory, Storage, and Related Applications” IEEE Trans. on Mag. MAG-11, p. 1039 (1975)）に開示されている。

【0004】AMR効果を用いた磁気ヘッドでは、バルクハウゼン・ノイズを押えるために縦バイアスを印加することが多いが、この縦バイアス印加材料としては、FeMn、NiMn、ニッケル酸化物などの反強磁性材料を用いる場合がある。

【0005】さらに最近に至っては、積層磁気センサの抵抗変化が、非磁性層を介する磁性層間での電導電子のスピン依存性伝送、および、それに付随する層界面でのスピン依存性散乱に帰される、より顕著な磁気抵抗効果について開示されている。この磁気抵抗効果は、「巨大磁気抵抗効果」や「スピン・バルブ効果」など様々な名称で呼ばれている。このような磁気抵抗センサは適当な材料でできており、AMR効果を利用するセンサで観察されるよりも、感度が改善され、抵抗変化が大きい。この種のMRセンサでは、非磁性層で分離された一対の強磁性層の間の平面内抵抗が、2つの強磁性層における磁化方向の角度の余弦に比例して変化する。

【0006】一方、特開平2-61572号公報には、磁性層内の磁化の反平行整列によって生じる高いMR変化をもたらす積層磁性構造が記載されている。積層構造で使用可能な材料として、上記公報には強磁性の遷移金属および合金が挙げられている。また、中間層によって分離されている少なくとも2層の強磁性層の一方に、固定させる層を付加した構造および磁化の方向を固定させる層としてFeMnが適当であることが開示されている。

【0007】強磁性層／非磁性層／強磁性層を基本構成とする磁気抵抗効果膜において、2つの強磁性層（フリー層と固定層）の面積と非磁性層の面積とが同じであり、膜面に平行に検出電流を流す場合については、特開平4-358310号公報に開示されている。

【0008】強磁性層／非磁性層／強磁性層を基本構成とする磁気抵抗効果膜において、2つの強磁性層と非磁性層の面積が同じであり、膜面に垂直に検出電流を流す場合については、例えば文献（IEEE TRANSACTIONS ON M

3

AGNETICS, VOL. 33, NO. 5, SEPTEMBER 1997, 3505-3510) に開示されている。

【0009】図18は、従来の磁気抵抗効果素子の構造のうち代表的なものを示す。同図(a)に示すように、非磁性層103を、第1磁性層101と第2磁性層102とで挟んだ構造をしている。また、同図(b)に示すように、第1磁性層101、第2磁性層102および非磁性層103の端面は、ABS (Air bearing surface) 面となる。

【0010】図19は、図18に係る磁気抵抗効果素子を再生ヘッドに適用した例を示す。同図(a)に示すように、固定させる層105と固定層101aと非磁性層103とフリー層102aとからなる磁気抵抗素子は、縦バイアス層106によって挟まれている。縦バイアス層106の上には、電極108a、108bが設けられている。また同図(b)に示すように、固定層101a、フリー層102aおよび非磁性層103の端面は、ABS面となる。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来のフリー層／非磁性層／固定層を基本構成とする磁気抵抗効果素子は、種々の問題点がある。図19(a)、(b)からも明らかなように、従来の構造においては、磁気抵抗効果素子を上面から眺めると、フリー層102aの領域の面積と固定層101aの領域の面積とが同じであった。

【0012】このような磁気抵抗素子では、センス電流を膜面に水平に流した場合(CIP: current in the plane)、フリー層102aおよび固定層101aのうちの片方の層で、電子が十分にスピン偏極される以前に、相手方の層に電子が移行してしまい、構成する磁性材料から望み得る最大の磁気抵抗変化よりもかなり小さな抵抗変化しか得ることができなかった。

【0013】一方、センス電流を垂直に流すタイプの磁気抵抗効果素子(CPP: current perpendicular to the plane)では、フリー層102aおよび固定層101aの膜厚が十分に厚い場合、電子のスピン偏極は十分に実現されるので本来望み得る値に近い抵抗変化を達成することができる。

【0014】しかし、実際に再生ヘッドとして適用することを考えると、フリー層102aの膜厚が薄いほど、磁界感度の向上には好ましい。また、固定層101aの膜厚が薄いほど、固定層101aに隣接するとともに非磁性層103とは反対側に設置されている固定させる層105から固定層101aに印加される交換結合磁界の値が増大し、固定層101aの磁気的安定性が向上する。さらに、フリー層102aおよび固定層101aの膜厚が薄いほど、これら2層間の静磁カップリングが減少し、印加磁界ゼロ時におけるヘッドのゼロ点の位置決めが容易になる。

4

【0015】したがって、CPPにおいてはこれらの理由により、フリー層102aおよび固定層101aの膜厚をなるべく薄くする必要があったが、膜厚が薄いと抵抗変化が大きく減少してしまうという問題がある。以上のとおり、従来の構造ではCIP、CPPともに、フリー層102aおよび固定層101aの材料のバンド構造から予測されるよりは、かなり小さな抵抗変化しか得られていなかった。

【0016】本発明は、このような課題を解決するためのものであり、従来よりも高い再生出力を得ることができ、また歩留まりよく製造することができる磁気抵抗効果素子およびその製造方法、磁気抵抗効果ヘッド並びに磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明に係る磁気抵抗効果素子は、基板上に設けられた第1磁性層と、この第1磁性層と接して設けられた非磁性層と、この非磁性層と接して設けられた第2磁性層とを備え、外部磁界に応じて変化した抵抗値の変化に伴って、上記第1および第2磁性層の間を流れるセンス電流が変化する磁気抵抗効果素子において、上記第1磁性層を流れるセンス電流の距離および上記第2磁性層を流れるセンス電流の距離の両方、または、少なくとも何れか一方は、上記第1磁性層と上記非磁性層と上記第2磁性層とが積層された部分を流れるセンス電流の距離よりも長くしたものである。また、上記基板をその主表面と直交する方向から眺めた状態における、上記第1磁性層の領域と上記第2磁性層の領域とが重なり合う領域は、その面積が上記第1磁性層の領域の面積および上記第2磁性層の領域の面積の何れよりも小さくてもよい。

【0018】一方、本発明に係る磁気抵抗効果ヘッドは、基板上に設けられた請求項1または請求項2に記載の磁気抵抗効果素子と、上記第1磁性層に取り付けられた第1の電極と、上記第2磁性層に取り付けられた第2の電極と、上記第1磁性層に接して設けられかつ上記第1磁性層における磁化の方向を固定させる層とを備えたものである。

【0019】一方、本発明に係る磁気抵抗効果装置は、データを記録するための複数のトラックを有する磁気記録媒体と、この磁気記録媒体上にデータを記憶させるための磁気記録ヘッドと、上述の磁気抵抗効果ヘッドと、上記磁気記録ヘッドおよび上記磁気抵抗効果ヘッドが取り付けられ、上記磁気記録ヘッドおよび上記磁気抵抗効果ヘッドを上記磁気記録媒体における所望のトラックへ移動させるアクチュエータ手段とを備えたものである。また、上記磁気記録再生装置は、ハードディスク・ドライブであってもよい。

【0020】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態につい

5

て図を用いて説明する。

【0021】[第1の実施の形態] 図1は、本発明の第1の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図および平面図である。同図(a)に示すように、第1磁性層1および第2磁性層2の形状はともに長方形であり、その一部は同図(b)のように重なり合っている。2つの磁性層の重なり合った部分には非磁性層3が存在する。本構造では、第1磁性層1および第2磁性層2を流れる電子の距離がともに第1および第2磁性層が重なっている領域を流れる距離よりも長くなっている。電子は第1磁性層1を通過するうちにフィルター効果によってスピン偏極され、非磁性層3を通過して第2磁性層2に注入される。するとさらにフィルター効果を受けることになり、第1磁性層1の磁化方向、または第2磁性層2の磁化方向により素子抵抗が変化する。

【0022】ここで、第1磁性層1は、磁気抵抗効果ヘッドにおける固定層に対応し、第2磁性層2は、磁気抵抗効果ヘッドのフリー層に対応する。したがって、本実施の形態では、フリー層または固定層を流れるセンス電流の距離が、非磁性層を介して2つの磁性層が積層されている部分を流れるセンス電流の距離よりも長いことに特徴がある。

【0023】なお、ここでは電子が先に入射する磁性層を第1磁性層とし、第1磁性層から出射した電子が非磁性層を通過してから入射する磁性層を第2磁性層と呼ぶことにする。

【0024】上述のような構成において、第1磁性層を流れる電子の距離が十分に長い場合、第2磁性層に電子が流入した際に、その磁化方向によって抵抗は大きく変化する。これは、電子が第1磁性層を通過する際に、十分に長い距離を1方向にそろえられた電子が通過することにより、フィルター効果(すなわち、2つのとりうるスピン方向のうちのスピン方向により、電子が通過しやすい磁性層の磁化方向が決まっているという性質)によって電子が十分に偏極されることによるものである。また、第2磁性層を通過する電子の距離が十分に長い場合、やはり十分にフィルター効果が効くことにより、抵抗変化は増大する。

【0025】したがって、第1および第2磁性層を通過する電子の距離がともに長ければ、最も大きな抵抗変化が得られることになる。この原理に基づくと、電子が第1磁性層のみを通過する距離と第2磁性層のみを通過する距離とは、長ければ長い程よいように思える。

【0026】しかし、実際の電子には、スピン情報を失ってしまう距離(SDL: Spin Diffusion Length)という性質を持っている。すなわち、膜に対して電流を水平に流した場合、膜端面での反射の際および膜内部での散乱の際に、スピン情報が失われてしまう。したがって、電子が第1磁性層のみおよび第2磁性層のみを通過する長さは、SDLと比較して十分に長い(望ましくは3倍以

6

上) ことが有効である。換言すれば、SDLが長いほど抵抗変化の効果が増大することになる。そのため、本発明を有効活用するためには、SDLが十分に長い膜を作製することが重要である。

【0027】次に、本発明のその他の実施の形態について説明する。

【0028】[第2の実施の形態] 図2は、本発明の第2の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図および平面図である。同図に示すように、図1とほぼ同様の構成であるが、第1磁性層1および第2磁性層2に隣接して、これら2つの磁性層が重なり合っていない部分にも非磁性層3が存在する。本構造では、第1磁性層1および第2磁性層2を流れる電子の距離が、ともに第1および第2磁性層が重なっている領域を流れる距離よりも長くなっている。

【0029】また、比抵抗が大きい、または、膜厚が薄いか等の理由により、非磁性層3の電気抵抗が第1および第2磁性層と比較して非常に大きい場合は、上述で述べたような問題が生じることはない。しかし、非磁性層3の電気抵抗が小さい場合は、電子が非磁性層3に多く流れてしまう。非磁性層3に流れ込んだ電子は、第1または第2磁性層の磁化方向によるフィルター効果を受けないので、抵抗変化率に寄与せず、素子全体としての抵抗変化率は低下してしまう。したがって、本構造においては、非磁性層3に比抵抗の高い材料を選ぶか、2つの磁性層が重なり合っていない部分の非磁性層3の膜厚を薄くする等の対策が必要となる。

【0030】[第3、4の実施の形態] 図3は、本発明の第3の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図および平面図である。同図(a)に示すように、第2磁性層2が存在する部分には、ほぼすべて非磁性層3が存在する。図4は、本発明の第4の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図および平面図である。同図(a)に示すように、第1磁性層1が存在する部分には、ほぼすべて非磁性層3が存在する。

【0031】図3、4はいずれも、図1および図2の場合の中間的な特徴を示す。これらの構造では、第1磁性層1および第2磁性層2を流れる電子の距離が、ともに第1および第2磁性層が重なり合っている領域を流れる距離よりも長くなっている。図3、4には示していないが、第1磁性層1のうち第2磁性層2と重なり合っていない部分の一部に非磁性層3が存在している場合、および、第2磁性層2のうち第1磁性層1と重なり合っていない部分の一部に非磁性層3が存在するものも本発明に含まれる。

【0032】[第5の実施の形態] 図5は、本発明の第5の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図および平面図である。同図(a)に示すように、第1磁性層1、非磁性層3、第2磁性層2が互いに重ならず接合されている。本構造においては、電子が第1磁性層

7

1、非磁性層3、第2磁性層2と直列的に流れるので、原理的には最も効率がよい構造である。

【0033】[第6、7の実施の形態]図6は、本発明の第6の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図および平面図である。図7は、本発明の第7の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図および平面図である。

【0034】これら図6および図7に示す構造は、図1に示すものの変形例である。図6では第1と第2磁性層が重なり合っている面積が、第2磁性層2の面積にほぼ等しい場合を示す。図7は重なり合っている面積が第1磁性層1にほぼ等しい場合を示す。何れの場合も、片方の層を電子が通過する長さが短く、重なり合っている部分では電子が両方の磁性層を行き来してしまうので、図1や図5の場合ほど抵抗変化率の向上を達成できない場合がある。ただし、このような若干のデメリットはあるものの、これらの構造には作製が容易という優れた効果を有する。

【0035】次に、図1、図5、図7に示した磁気抵抗効果素子を用いた再生ヘッドについて説明する。

【0036】[第8の実施の形態]図8は、本発明の第8の実施の形態である、再生ヘッドを示す断面図および平面図である。この構造では、図示しない基体上に、パターン化された縦バイアス層6および絶縁層7が配置されている。フリー層2aは図において左右に分割された縦バイアス層6の間にパターン化されて配置されている。さらにフリー層2a上部の一部に重なるように、非磁性層3がパターン化されて積層され、さらにその上部に固定層1aの一部が非磁性層3と重なるように積層されている。固定層1a上部には反強磁性層によって形成された、磁化の方向を固定させる層5が積層されている。固定層1aの非磁性層3に接していない側の端部には電極8aが接触しており、フリー層2aの非磁性層3に接していない側の端部には電極8bが接触している。

【0037】電子は主に経路4として示した部分を流れる。電子は固定層1aを流れる際に固定層1aの磁化方向に対して流れやすいスピン方向を持つ電子のみが優位に流れ、逆スピン方向の電子はあまり流れないので、結果として前者のみが非磁性層3を通過してフリー層2aへ流入することになる。フリー層2aの磁化はこの電子が通過しやすい向きから、しにくい向きまで、様々な向きを連続的にとりうるので、結局2つの電極間の抵抗はフリー層2aの磁化方向によって大きく変化することになる。ここでは、電子が固定層1aからフリー層2aに、できるだけ縦バイアス層6等に分流すること無しに流れるように、絶縁層7を設置した場合を示したが、縦バイアス層6の材料や膜厚を適当に調整することにより、固定層1aやフリー層2aと比較して十分に抵抗が高くなるようにしておけば、分流の影響を抑えることができるので、絶縁層7を用いないで済むようになる。

8

【0038】また、ここでは電子が固定層1aからフリー層2aへ流れる場合を示したが、フリー層1aから固定層2aに流れるようにしても効果としてはほぼ同等である。本再生ヘッドは、通常は下シールド層/下ギャップ層と上ギャップ層/上シールド層との間に設置され、シールド型再生ヘッドとして用いられるが、磁路を設けてヨーク型再生ヘッドとして用いることもできる。フリー層2aの下には下地層、固定させる層5の上には上部層を設けてもよい。

【0039】[第9の実施の形態]図9は、本発明の第9の実施の形態である、再生ヘッドを示す断面図および平面図である。この構造では、図示しない基体上に固定層1a、非磁性層3、およびフリー層2aを横並びに形成する。固定層1aの上部には反強磁性層によって形成された、磁化の方向を固定させる層5が積層されている。フリー層2aの両端には縦バイアス層6が接触するように配置されている。これら縦バイアス層6はフリー層2a端部から多少離れた位置に設置されることもある。固定層1aのうち非磁性層3と接していない側には電極8aが接触しており、フリー層2aの非磁性層3と接していない側には電極8bが接触している。

【0040】これにより、電子は2つの電極間を主に経路4を通過して通過する。電子は固定層1aを流れる際に固定層1aの磁化方向に対して流れやすいスピン方向を持つ電子のみが優位に流れ、逆スピン方向の電子はあまり流れないので、結果として前者のみが非磁性層3を通過してフリー層2aへ流入することになる。フリー層2aの磁化はこの電子が通過しやすい向きから、しにくい向きまで、様々な向きを連続的にとりうるので、結局2つの電極間の抵抗はフリー層2aの磁化方向によって大きく変化することになる。電子が固定層1aからフリー層2aに、できるだけ縦バイアス層等に分流すること無しに流れるように、縦バイアス層の材料や膜厚を適当に調整し、固定層1aやフリー層2aと比較して十分に抵抗が高くなるようにしておけば、分流の影響を抑えることができる。

【0041】また、ここでは電子が固定層1aからフリー層2aへ流れる場合を示したが、フリー層2aから固定層1aに流れるようにしても効果としてはほぼ同等である。本再生ヘッドは通常は下シールド層/下ギャップ層と上ギャップ層/上シールド層との間に設置され、シールド型再生ヘッドとして用いられるが、磁路を設けてヨーク型再生ヘッドとして用いることもできる。固定層1a、非磁性層3、フリー層2aの下には下地層、フリー層2aと非磁性層3と固定させる層との上には上部層を設けてもよい。

【0042】[第10の実施の形態]図10は、本発明の第10の実施の形態である、再生ヘッドを示す断面図および平面図である。この構造では、図示しない基体上に固定させる層5/固定層1a/非磁性層3/フリー層

9

2aを積層している。それぞれの層はパターン化されており、固定させる層5/固定層1aよりも、非磁性層3/フリー層2aはABS面側から見た長さにおいて短くなるようにしてある。固定させる層5の左右には電極8a、8bおよび縦バイアス6の高さを調整するための膜厚調整層9aおよび9bがパターン化され配置されている。フリー層2aの端部には電極8aが、固定層1aの端部には電極8bがそれぞれ接触している。これにより電子は2つの電極間を主に経路4を通して通過する。電極8a、8bおよび固定層1a上には、絶縁層7がパター

【0043】電子がフリー層2aから固定層1aに、できるだけ縦バイアス層6等に分流すること無しに流れるように、絶縁層7を設置した場合を示したが、縦バイアス層の材料や膜厚を適当にし、固定層1aやフリー層2aと比較して十分に抵抗が高くなるようにしておけば、分流の影響を抑えることができるので、絶縁層7を用い

【0044】また、ここでは電子がフリー層2aから固定層1aへ流れる場合を示したが、固定層1aからフリー層2aに流れるようにしても効果としてはほぼ同等である。本再生ヘッドは通常は下シールド層/下ギャップ層と上ギャップ層/上シールド層との間に設置され、シールド型再生ヘッドとして用いられるが、磁路を設けてヨーク型再生ヘッドとして用いることもできる。固定させる層5の下には下地層フリー層2aの上には上部層を設けることもできる。

【0045】ここで、図8～図10に示した再生ヘッドについてさらに詳細に説明する。図11は、電極部全体の外観を含む、再生ヘッドの平面図を示す。同図に示すように、基体20上には、図示しない下シールド層および下ギャップ層が積層され、その上には磁気抵抗効果膜23が形成されている。そして、磁気抵抗効果膜23には電極8a、8bが取り付けられている。

【0046】図12は、図11のA-A'線における断面図である。同図に示すように、基体20上には、下シールド層21と下ギャップ層22とが積層され、その上には磁気抵抗効果膜23が形成されている。磁気抵抗効果膜23の両側には硬質磁性膜24が形成され、磁気抵抗効果膜23および硬質磁性膜24の上には、上ギャップ層25と上シールド層26と記録ギャップ層27とが積層されている。最上層には上部記録磁極28が設けられている。

【0047】ここで、再生ヘッドにおける各構造の詳細および作製手順の代表的な例、および、記録再生ヘッドについて説明する。まず、構成要素の詳細について述べる。各層の材料として、例えば以下のような材料を用いることが好ましい。

10

【0048】基体20としては、アルチック（アルミナ・チタン・カーバイド）、SiC、アルミナ、アルチック/アルミナ、SiC/アルミナの何れかからなる基板を用いる。

【0049】下シールド層21としては、NiFe、NiFeCo、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトの何れかからなる単層膜、多層膜またはこれらの混合物からなる膜の何れかを用いる。

【0050】電極8a、8bとしては、Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Pt、Taの何れかからなる単層膜、多層膜またはこれらの混合物からなる膜の何れかを用いる。

【0051】上シールド層26としては、NiFe、NiFeCo、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトの何れかからなる単層膜、多層膜またはこれらの混合物からなる膜の何れかを用いる。

【0052】絶縁層7としては、Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンド・ライク・カーボン（DLC:Diamond Like Carbon）の何れかからなる単層膜、多層膜またはこれらの混合物からなる膜の何れかを用いる。

【0053】下ギャップ層22としては、Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンド・ライク・カーボンの何れかからなる単層膜、多層膜またはこれらの混合物からなる膜の何れかを用いる。

【0054】上ギャップ層25としては、Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンド・ライク・カーボンの何れかからなる単層膜、多層膜またはこれらの混合物からなる膜の何れかを用いる。

【0055】縦バイアス層6としては、CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、Ni酸化物、NiCo酸化物、Fe酸化物、NiFe酸化物、IrMn、PtMn、PtPdMn、ReMn、Coフェライト、Baフェライトの何れかからなる単層膜、多層膜またはこれらの混合物からなる膜の何れかを用いる。

【0056】磁気抵抗効果膜23としては、以下の①～⑤の構成のものを用いることができる。

50

11

① 基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/固定層/固定させる層/保護層

② 基体/下地層/固定させる層/固定層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層

③ 基体/下地層/第1固定させる層/第1固定層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/フリー層/第3MRエンハンス層/バリア層/第4MRエンハンス層/第2固定層/第2固定させる層/保護層

④ 基体/下地層/固定層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層

⑤ 基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/バリア層/第2MRエンハンス層/固定層/保護層

【0057】ここで、下地層としては、金属、酸化物、窒化物からなる単層膜、多層膜またはこれらの混合物からなる膜を用いる。具体的には、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、Vおよびこれらの材料の酸化物あるいは窒化物からなる単層膜、これらの混合物からなる膜、または、多層膜を用いる。その際に添加元素として、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、Vを用いることもできる。さらに、下地層を用いない場合もあり得る。

【0058】また、フリー層としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、または、アモルファス磁性材料からなる膜を用いることができる。

【0059】また、非磁性層としては、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの単体、多層膜、混合物、またはこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの単体、多層膜、混合物との積層膜が有力な候補となる。

【0060】また、第1および第2MRエンハンスメント層としては、Co、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、または、アモルファス磁性

12

材料を用いる。なお、MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数が低減するという効果が得られる。

【0061】また、固定層としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、または、アモルファス磁性材料を用いることができる。または、これらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vをベースとするグループからなる単体、合金、または、積層膜とを組み合わせた積層膜を用いることもできる。この場合、Co/Ru/Co、CoFe/Ru/CoFe、CoFeNi/Ru/CoFeNi、Co/Cr/Co、CoFe/Cr/CoFe、CoFeNi/Cr/CoFeNiは有力な候補である。

【0062】また、固定させる層としては、FeMn、NiMn、IrMn、RhMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、PtCrMn、CrMn、CrAl、TbCo、Ni酸化物、Fe酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物2層膜、Ni酸化物/Fe酸化物2層膜、CoCr、CoCrPt、CoCrTa、PtCo等を用いることができる。PtMnもしくはPtMnに対して、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Taを添加した材料は有力な候補である。

【0063】さらに、保護層としては、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属/酸化物2層膜、金属/窒化物2層膜、金属/(酸化物と窒化物との混合物)2層膜を用いる。Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物を用いることができる。または、これらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単体、多層膜、混合物との積層膜が有力な候補となる。なお、保護層を用いない場合もあり得る。

【0064】次に、図8～10に示した再生ヘッドの製造工程の代表例を示す。図13は、図8に係る磁気抵抗効果膜を有する再生ヘッドの作製手順の代表的な例を示

13

す。まず、基体 20 に下シールド層 21、下ギャップ層 22 およびフリー層 2a を順次形成する。下シールド層 21、下ギャップ層 22 はホトレジスト・マスク形成工程（以下、PR 工程という）およびリフトオフまたはミリング工程により適当な形状にパターン化する。そして、その上にフォトレジスト・マスク（以下、PR という）を形成し、フリー層 2a をミリングによりパターン化し、縦バイアス層 6 および絶縁層 7 を成膜した後にリフトオフする（a, b, c）。次いで、非磁性層 3 を成膜し、PR 形成およびミリングによりパターン化する。

【0065】次いで、固定層 1a および固定させる層 5 を成膜し、PR 形成およびミリングによりパターン化する。そして、その上に PR を形成し、絶縁層 7 および縦バイアス層 6 をミリングによりパターン化する（c, d, e）。次いで、PR を形成し、電極膜の成膜およびリフトオフにより、電極 8a, 8b を形成する（f）。なお、電極 8a, 8b の磁気抵抗効果素子から少し後退させた部分に、もう一層電極を重ねることにより、電極の低抵抗化を図ることもある。

【0066】次いで、上ギャップ層 25 および上シールド層 26 を成膜し、PR 形成とミリングまたはリフトオフ工程により適当な形状にパターン化する（g）。なお、上シールド層 26 は、さらにその上部に形成される記録ヘッド部の下ポールと共用される（共通ポール）ことが多い。最後に、電極 8a, 8b 上に形成された上ギャップ層 25 の一部をミリングによって除去することにより、露出した電極 8a, 8b を電極端子とすることができる。なお、図 13 では図示していないが、この上に記録ヘッド部が形成される。そして、ラッピングにより、記録再生ヘッドの機能として余分な部分がすべて取り除かれ、磁気抵抗効果素子が ABS 面に露出した構造が作られる。その後、MTJ 素子の保護を目的に ABS 面にダイヤモンド・ライク・カーボン等の衝撃に強い材料を形成することもある。

【0067】図 14 は、図 9 に係る磁気抵抗効果膜を有する再生ヘッドの作製手順の代表的な例を示す。まず、基体 20 上に下シールド層 21、下ギャップ層 22 およびフリー層 2a を順次形成する。下シールド層 21、下ギャップ層 22 は PR 工程およびリフトオフまたはミリング工程によって適当な形状にパターン化する。そして、その上に PR を形成し、フリー層 2a をミリングによってパターン化する（a, b）。

【0068】次いで、非磁性層 3 を成膜し、PR を形成しミリングで非磁性層 3 をパターン化する（c）。次いで、固定層 1a および固定させる層 5 を形成し、PR を形成し、固定層 1a および固定させる層 5 をミリングによってパターン化する（d）。次いで、PR を形成し、電極膜を成膜したのちにリフトオフし、電極 8a, 8b を形成する（e）。なお、電極 8a, 8b の磁気抵抗効果素子から少し後退させた部分に、もう一層電極を重ね

14

ることにより、電極の低抵抗化を図ることもある。

【0069】次いで、縦バイアス層 6 を成膜し、PR 形成およびミリングにより、パターン化する（f）。次いで、上ギャップ層 25 および上シールド層 26 を成膜し、PR 形成とミリングまたはリフトオフ工程により適当な形状にパターン化する。なお、上シールド層 26 は、さらにその上部に形成される記録ヘッド部の下ポールと共用される（共通ポール）ことが多い。

【0070】最後に、電極 8a, 8b 上に形成された上ギャップ層 25 の一部をミリングによって除去することにより、露出した電極 8a, 8b を電極端子とすることができる。なお、図 14 では図示していないが、この上に記録ヘッド部が形成される。そして、ラッピングにより、記録再生ヘッドの機能として余分な部分がすべて取り除かれ、磁気抵抗効果素子が ABS 面に露出した構造が作られる。その後、MTJ 素子の保護を目的に ABS 面にダイヤモンド・ライク・カーボン等の衝撃に強い材料を形成することもある。

【0071】図 15 は、図 10 に係る磁気抵抗効果膜を有する再生ヘッドの代表的な作製手順を示す。まず、基体 20 上に下シールド層 21、下ギャップ層 22、フリー層 2a、非磁性層 3、固定層 1a および固定させる層 5 を順次形成する。下シールド層 21、下ギャップ層 22 は PR 工程およびリフトオフまたはミリング工程によって適当な形状にパターン化する。その上に PR を形成し、固定させる層 5、固定層 1a および非磁性層 3 をミリングによりパターン化する。

【0072】次いで、PR を形成し、ミリングで固定させる層 5、固定層 1a および非磁性層 3 をパターン化する。次いで、膜厚調整層 9a, 9b を成膜し、PR 形成、ミリングにより固定させる層 5 / 固定層 1a / 非磁性層 3 をパターン化する。次いで、PR 形成、電極膜および絶縁膜を成膜し、およびリフトオフにより、電極 8a, 8b を形成する。なお、電極 8a, 8b の磁気抵抗効果素子から少し後退させた部分に、もう一層電極を重ねることにより、電極の低抵抗化を図ることもある。

【0073】次いで、縦バイアス層 6 を成膜し、PR 形成およびミリングにより、パターン化する。次いで、上ギャップ層 25 および上シールド層 26 を成膜し、PR 形成とミリングまたはリフトオフ工程により適当な形状にパターン化する。なお、上シールド層 26 は、さらにその上部に形成される記録ヘッド部の下ポールと共用される（共通ポール）ことが多い。

【0074】最後に、電極 8a, 8b の上に形成された上ギャップ層 25 の一部をミリングによって除去することにより、露出した電極 8a, 8b を電極端子とすることができる。なお、図 15 では図示していないが、この上に記録ヘッド部が形成される。そして、ラッピングにより、記録再生ヘッドの機能として余分な部分がすべて取り除かれ、磁気抵抗効果素子が ABS 面に露出した構造

15

が作られる。その後、MTJ素子の保護を目的にABS面にダイヤモンド・ライク・カーボン等の衝撃に強い材料を形成することもある。

【0075】次に、本発明に係る磁気記録再生ヘッドおよび記録再生装置を示す。

【0076】【第11の実施の形態】図16は、本発明の第11の実施の形態である、磁気記録再生ヘッドを示す斜視図である。本実施の形態の磁気記録再生ヘッドは、再生ヘッド30と記録ヘッド31とから構成されている。

【0077】再生ヘッド30は、基体20上の下シールド層21と、下ギャップ層22と、磁気抵抗効果膜23と、電極8a、8bと、上ギャップ層25と、図示しない硬質磁性膜とを備えている。記録ヘッド31は、上ギャップ層25上の上シールド層26と、記録ギャップ層27と、上部記録磁極28と、コイル29とを備えている。なお、本構造においては、上部シールド層26が下部磁性膜を兼用した構造となっているが、それぞれを別個に設けてもかまわない。

【0078】このような磁気記録再生ヘッドにより、磁気記録媒体上に信号を書き込み、また、磁気記録媒体から信号を読み取ることが可能となる。再生ヘッド30の感知部分と記録ヘッド31の磁気ギャップとを、このように同一スライダ上に重ねた位置に形成することにより、同一トラックに対して同時に位置決めを行うことができる。このヘッドを加工してスライダを作り、磁気記録再生装置に搭載すると図17のようになる。

【0079】【第12の実施の形態】図17は、本発明の第12の実施の形態である、磁気記録再生装置を示す斜視図である。同図に示すように、ヘッド・スライダを兼ねる基板20上に、再生ヘッド30および記録ヘッド31を設け、これを磁気記録媒体40上に位置決めすることにより再生を行う。磁気記録媒体40が回転した状態で、ヘッド・スライダは、磁気記録媒体40上に0.2μm以下の高さまたは接触状態で位置し、相対運動する。この機構により、再生ヘッド30は磁気記録媒体40に記録された磁気的信号を、その漏れ磁界41から読み取ることのできる位置に設定される。

【0080】

【実施例】次に、本発明の実施例について説明する。図8～図10の磁気抵抗効果膜を有する再生ヘッド（本発明）と、図2の磁気抵抗効果膜を有する再生ヘッド（従来例）とをそれぞれ作製した。磁気抵抗効果膜としては、Ta(3nm)/Pt₄₆Mn₅₄(15nm)/Co₉₀Fe₁₀(1.5nm)/Ru(0.8nm)/Co₉₀Fe₁₀(2nm)/Cu(2.1nm)/Co₉₀Fe₁₀(0.5nm)/Ni₈₂Fe₁₈(4nm)/Ta(3nm)を用いた。膜形成後には、250℃、5時間の熱処理を、成膜時の磁界とは直交する方向に5kOeの磁界を印加しつつ行った。

16

【0081】ヘッドを構成する各要素としては以下のものを用いた。

基体 …… 厚さ2mmのアルチック上にアルミナを10μm積層

【0082】〔再生ヘッド部〕

下シールド層 …… Co₈₉Zr₄Ta₄Cr₃(1μm) (ただし、組成はat%であり、以下同様である)

下ギャップ層 …… アルミナ(20nm)

10 下ギャップ厚付け層 …… アルミナ(40nm)

電極層 …… Ta(1.5nm)/Au(40nm)/Ta(3nm)

電極厚付け層 …… Ta(1.5nm)/Au(100nm)/Ta(3nm)

絶縁層 …… アルミナ(20nm)

縦バイアス層 …… Cr(5nm)/Co_{74.5}Cr_{10.5}Pt₁₅(15nm)

上ギャップ層 …… アルミナ(40nm)

上ギャップ厚付け層 …… アルミナ(40nm)

20 上シールド層 …… 記録ヘッド下ポールと共通(共通ポール)

【0083】〔記録ヘッド部〕

共通ポール下地 …… Ni₈₂Fe₁₈(90nm)

共通ポール …… Ni₈₂Fe₁₈(2.5μm)/Co₆₅Ni₁₂Fe₂₃(0.5μm)

記録ギャップ …… アルミナ(0.3μm)

ギャップ厚付け …… アルミナ(0.7μm)

30 コイル下地 …… Cr(30nm)/Cu(150nm)

コイル …… Cu(4.5μm)

上ポール下地 …… Ti(10nm)/Co₆₅Ni₁₂Fe₂₃(0.1μm)

上ポール …… Co₆₅Ni₁₂Fe₂₃(0.5μm)/Ni₈₂Fe₁₈(3.5μm)

端子下地 …… Cr(30nm)/Cu(150nm)

端子 …… Cu(50μm)

オーバーコート …… アルミナ(52μm)

40 金端子下地 …… Ti(10nm)/Ni₈₂Fe₁₈(0.1μm)

金端子 …… Au(3μm)

【0084】ヘッドの作製手順は以下の通りとした。

1. 再生ヘッド部作製

基板洗浄→下シールド成膜およびアニール→アライメントマーク形成(PR形成→パターンニング→レジスト除去)→下シールドパターンニング(PR形成→テーパー加工→レジスト除去)→下ギャップ形成(PR形成→成膜→リフトオフ)→下ギャップ厚付け(PR形成→成膜→リフトオフ)

17

【0085】以上の部分は図19（従来例）および図8～図10のいずれの構造の場合も同じ手順で作製した。以下の部分は構造に応じて手順が異なる。

【0086】〔図19（従来例）の場合〕下地層、フリー層、非磁性層、固定層、固定させる層、保護層成膜→下地層、フリー層、非磁性層、固定層、固定させる層、保護層パターンニング（PR形成→ミリング）→縦バイアス層、電極層成膜→リフトオフ→縦バイアス層、電極層パターンニング（PR形成→ミリング）→電極厚付け形成（PR形成→成膜→リフトオフ）

【0087】〔図8の場合〕下地層、フリー層成膜→下地層、フリー層パターンニング（PR形成→ミリング→PR除去）→縦バイアス膜成膜→縦バイアス膜パターンニング（PR形成→成膜→リフトオフ）→非磁性層成膜→非磁性層パターンニング（PR形成→ミリング→PR除去）→固定層、固定させる層、保護層成膜→固定層、固定させる層、保護層パターンニング（PR形成→ミリング→PR除去）→縦バイアス層パターンニング（PR形成→ミリング→PR除去）→電極形成（PR形成→成膜→リフトオフ）→電極厚付け形成（PR形成→成膜→リフトオフ）

【0088】〔図9の場合〕下地層、フリー層成膜→下地層1、フリー層パターンニング（PR形成→ミリング→PR除去）→下地層2、非磁性層成膜→下地層2、非磁性層パターンニング（PR形成→ミリング→PR除去）→下地層3、固定層、および固定させる層成膜→下地層、固定層、および固定させる層パターンニング（PR形成→ミリング→PR除去）→電極形成（PR形成→成膜→リフトオフ）→電極厚付け形成（PR形成→成膜→リフトオフ）→縦バイアス形成（成膜→PR形成→ミリング→PR除去）

【0089】〔図10の場合〕下地層、フリー層、非磁性層、固定層、固定させる層、保護層成膜→下地層、フリー層、非磁性層、固定層、固定させる層、保護層パターンニング→（PR形成→ミリング→PR除去）→フリー層および保護層パターンニング（PR形成→ミリング→PR除去）→電極形成（PR形成→成膜→リフトオフ）→電極厚付け形成（PR形成→成膜→リフトオフ）→縦バイアス形成（成膜→PR形成→ミリング→PR除去）

【0090】以下は、いずれの構造の場合も再び同じ手順で作製した。ボールハイトモニター形成（PR形成→成膜→リフトオフ）→上ギャップ形成（PR形成→成膜→リフトオフ）→上ギャップ厚付け形成（PR形成→成膜→リフトオフ）

【0091】2. 記録ヘッド部作製

記録ヘッド部はいずれの構造の場合も同じ手順で作製した。共通ボール形成（第2下地成膜→フレームPR形成→共通ボールめっき→カバーPR形成→ケミカルエッチング→下地除去）→ボールハイト穴埋めレジスト→ギャップ成膜→ギャップ厚付け形成（PR形成→成膜→リフ

18

トオフ）→PW（上ボールと共通ボールを磁氣的に接続するためのボール）形成（PR形成→ミリング→PR除去）→コイル形成SC1レジスト（コイルの絶縁性を確保するためのレジストその1）形成→コイル形成（下地成膜→PR形成→コイルメッキ→ケミカルエッチング→下地除去）→SC2レジスト（コイルの絶縁性を確保するためのレジストその2）形成→ギャップ調整ミリング→上ボール形成（下地成膜→フレームレジスト形成→上ボールメッキ→メッキアニール→下地除去→カバーPR形成→ケミカルエッチング→下地除去）→端子形成（下地成膜→PR形成→端子メッキ→ケミカルエッチング→下地除去）→オーバーコート成膜→端子ラップ→金端子メッキ（下地成膜→PR形成→金端子メッキ→下地除去）

【0092】書き込みヘッド部のコイル部作製時のフォトリソ硬化工程は250℃、2時間とした。この工程により本来は素子高さ方向を向いていなければならない固定層および固定させる層の磁化方向が回転し、磁気抵抗効果素子として正しく動作しなくなったので、再生ヘッド部および記録ヘッド部作製終了後に、200℃、5000e磁界中、1時間の着磁熱処理を行った。この着磁熱処理によるフリー層の磁化容易軸の着磁方向への回転は、磁化曲線からほとんど観測されなかった。

【0093】3. 後工程

後工程はいずれの構造の場合も同じとした。row切断→ABS面加工ラップ→ABS面へのDLC成膜→スライダ加工→サスペンションへの取り付け

【0094】今回の試作に用いた、図19、図8～10の構成の固定層、フリー層、および両層の重なり部の寸法を、各図に示すとおりである。ここでは、比較を公正にするために磁場検出部であるフリー層の幅を0.5μm一定とし、さらに出力に大きく影響するパラメータである素子高さを0.2μm一定とした。こうして作製したヘッドを用いてCoCrTa系媒体上にデータを記録再生した。この際、書き込みトラック幅は1.5μm、書き込みギャップは0.2μm、読み込みトラック幅は0.5μmとした。媒体の保磁力は5.0kOe、MrTは0.35memu/cm²とした。試作したヘッドを用いて、記録再生特性を測定した。それぞれの構成の場合の再生出力を表1に示す。

【0095】

50

【表 1】

	再生出力 (mV)
図 19 (従来例)	1. 4
図 8	1. 8
図 9	1. 9
図 10	1. 6

【0096】本発明の適用例である、図 8～10 の場合は、従来例である図 19 の場合と比較して、いずれも再生出力が向上していることがわかる。今回の試作では再生出力の向上は最大 36% と飛躍的に大きいレベルのものではなかったが、これは我々の試作できる素子の大きさが最小で 0.5 μm 程度とまだまだ本発明の効果が十分に発揮できる大きさ（小ささ）ではなかったことが原因であるものと考えられる。将来的に微細加工技術が進展し、0.1 μm 以下の素子が作製できるようになれば、本発明の適用による再生出力の向上はいっそう顕著のものになることが期待される。

【0097】次に、本発明を適用して試作された磁気ディスク装置の説明をする。磁気ディスク装置はベース上に 3 枚の磁気ディスクを備え、ベース裏面にヘッド駆動回路および信号処理回路と入出力インターフェイスとを収めている。外部とは 32 ビットのバスラインで接続される。磁気ディスクの両面には 6 個のヘッドが配置されている。ヘッドを駆動するためのロータリー・アクチュエータとその駆動および制御回路、ディスク回転用スピンドル直結モータが搭載されている。ディスクの直径は 46 mm であり、データ面は直径 10 mm から 40 mm までを使用する。

【0098】埋め込みサーボ方式を用い、サーボ面を有しないため高密度化が可能である。本装置は、小型コンピュータの外部記憶装置として直接接続が可能になっている。入出力インターフェイスには、キャッシュメモリを搭載し、転送速度が毎秒 5 から 20 メガバイトの範囲であるバスラインに対応する。また、外部コントローラを置き、本装置を複数台接続することにより、大容量の磁気ディスク装置を構成することも可能である。

【0099】

【発明の効果】以上説明したとおり本発明は、第 1 磁性層を流れるセンス電流の距離および第 2 磁性層を流れるセンス電流の距離の両方、または、少なくとも何れか一方は、第 1 磁性層と非磁性層と第 2 磁性層とが積層された部分を流れるセンス電流の距離よりも長くしている。したがって、本発明は、従来よりも高い再生出力を得ることができる磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果ヘッドお

よび磁気記録再生装置を提供することができる。また、本発明に係る磁気抵抗素子の製造方法は、上述の優れた特徴を有する磁気抵抗効果素子を歩留まりよく製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 2】 本発明の第 2 の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 3】 本発明の第 3 の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 4】 本発明の第 4 の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 5】 本発明の第 5 の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 6】 本発明の第 6 の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 7】 本発明の第 7 の実施の形態である、磁気抵抗効果素子を示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 8】 本発明の第 8 の実施の形態である、磁気抵抗効果ヘッドを示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 9】 本発明の第 9 の実施の形態である、磁気抵抗効果ヘッドを示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 10】 本発明の第 10 の実施の形態である、磁気抵抗効果ヘッドを示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

【図 11】 再生ヘッドを示す平面図である。

【図 12】 図 11 の A-A' 線における断面図である。

【図 13】 図 8 に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造工程を示す平面図である。

【図 14】 図 9 に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造工程を示す平面図である。

【図 15】 図 10 に係る磁気抵抗効果ヘッドの製造工程を示す平面図である。

【図 16】 本発明の第 11 の実施の形態である、磁気記録再生ヘッドを示す斜視図である。

【図 17】 本発明の第 12 の実施の形態である、磁気記録再生装置を示す斜視図である。

【図 18】 従来の磁気抵抗効果素子を示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

21

【図19】 従来の磁気抵抗効果ヘッドを示す断面図 (a) および平面図 (b) である。

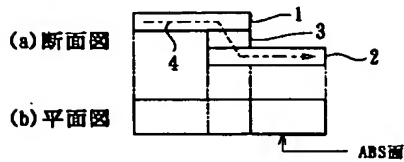
【符号の説明】

1, 2…磁性層、1a…固定層、2a…フリー層、3…非磁性層、4…電子の経路、5…固定させる層、6…縦バイアス層、7…絶縁膜、8a, 8b…電極、9a, 9*

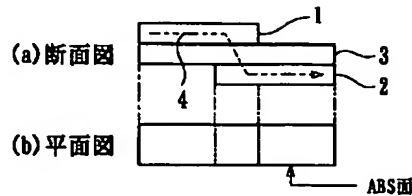
22

*b…膜厚調整層、20…基体、21…下シールド層、22…下ギャップ層、23…磁気抵抗効果膜、24…硬質磁性膜、25…上ギャップ層、26…上シールド層、27…記録ギャップ層、28…上部記録磁極、29…コイル、30…再生ヘッド、31…記録ヘッド、40…磁気記録媒体、41…漏れ磁界。

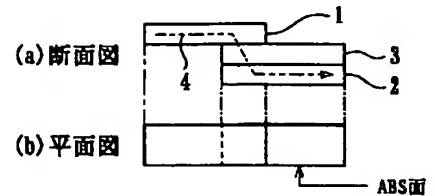
【図1】



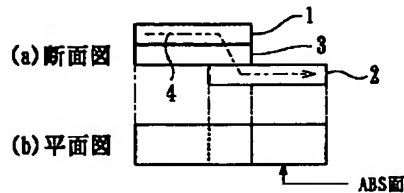
【図2】



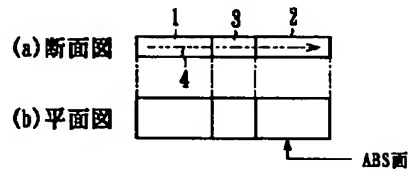
【図3】



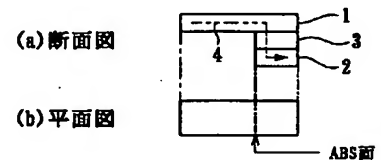
【図4】



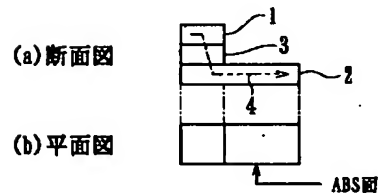
【図5】



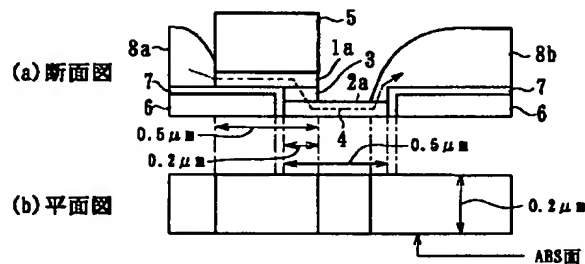
【図6】



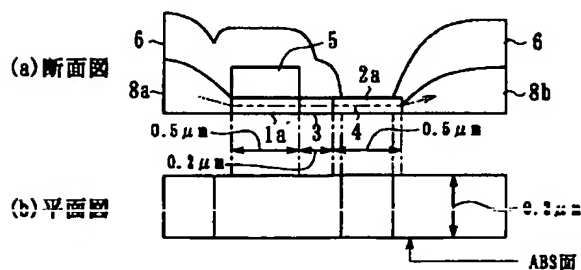
【図7】



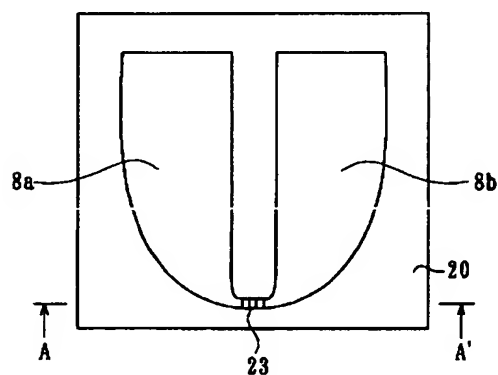
【図8】



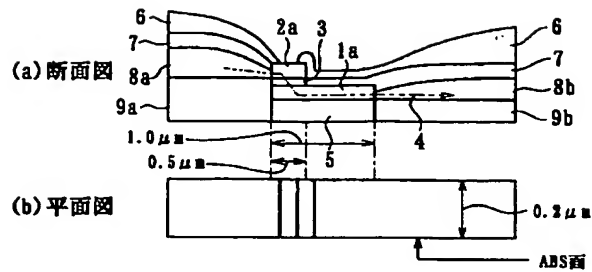
【図9】



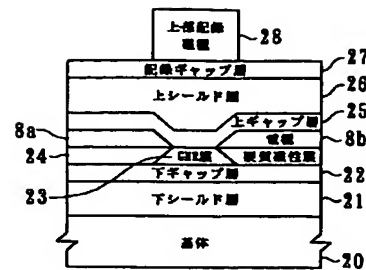
【図11】



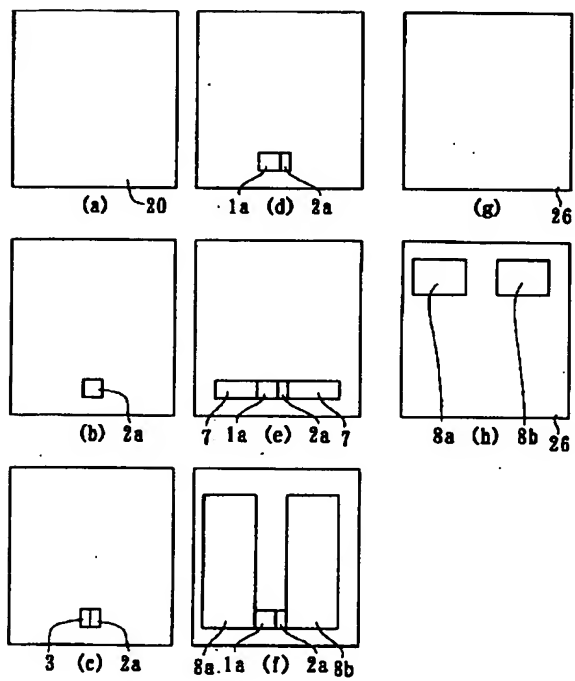
【図10】



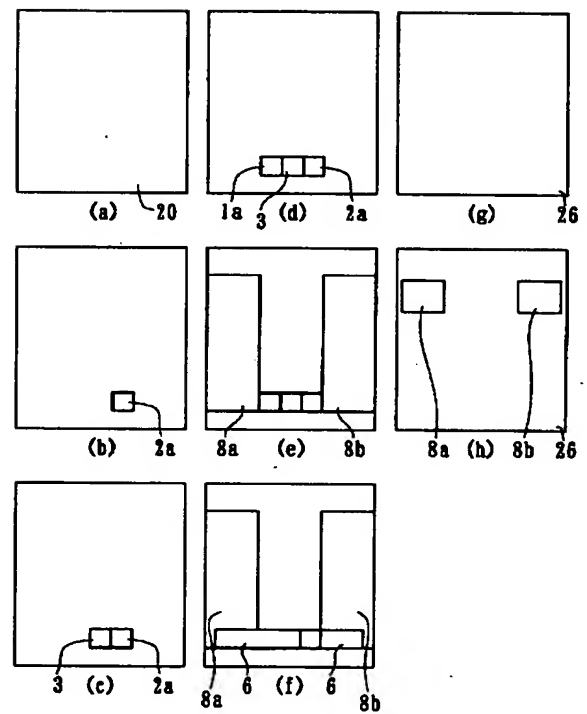
【図12】



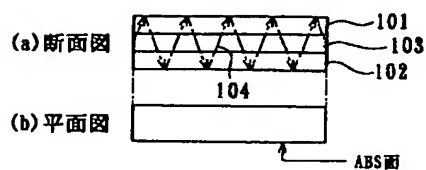
【図13】



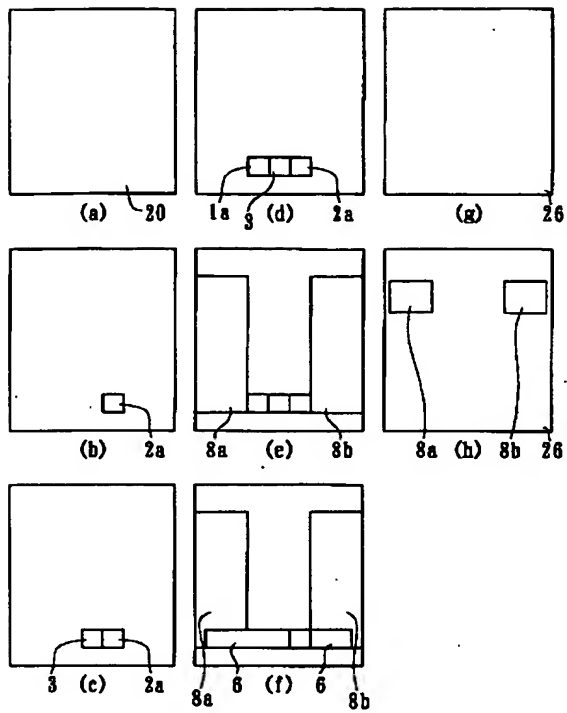
【図14】



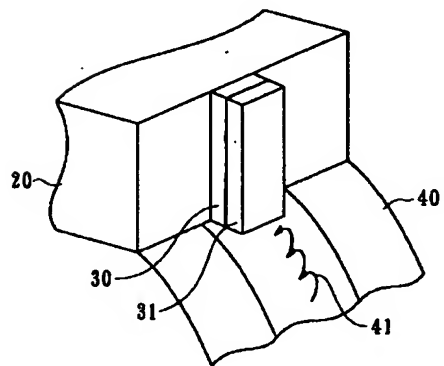
【図18】



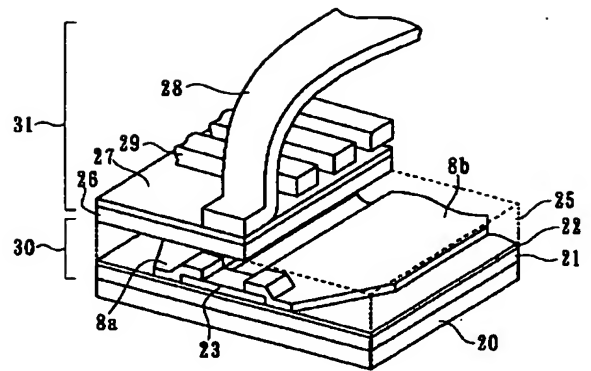
【図15】



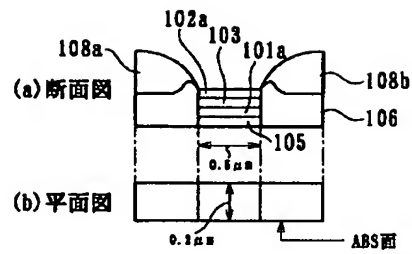
【図17】



【図16】



【図19】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.